

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

Zkušební zařízení vlivu změny geometrie
posezu cyklisty
Testing Device for an Influence of a Biker
Sitting Geometry Change

Student:

Bc. Zuzana Kyprová

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jiří Havlík, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Zuzana Kyprová**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: **Zkušební zařízení vlivu změny geometrie posezu cyklisty**
Testing Device for an Influence of a Biker Sitting Geometry Change

Zásady pro vypracování:

V rámci diplomové práce navrhnete zkušební zařízení vlivu změny geometrie posezu cyklisty:

1. Navrhnete snímací zařízení intenzity šlapání
2. Stacionární šlapadla
3. Rozpětí řídítek (osa z) $z = (400 \div 720)$ mm
4. Vzdálenost osy sedadla od osy šlapadel (osa x) $x = (100 \div 300)$ mm, (osa y) $y = (500 \div 750)$ mm
5. Vzdálenost osy řídítek od osy šlapadel (osa x) $x = (280 \div 420)$ mm, (osa y) $y = (580 \div 680)$ mm
6. Hmotnost cyklisty 120 kg.

Seznam doporučené odborné literatury:

BOLEK, A.; KOCHMAN, J. *Části strojů 1*. Praha : SNTL, 1990. 775s. ISBN 80-03-00046-7.
BOLEK, A.; KOCHMAN, J. *Části strojů 2*. Praha : SNTL, 1990. 707s. ISBN 80-03-00426-8.
DEJL, Z. *Konstrukce strojů a zařízení I*. Ostrava : Montanex, 2000, 225 s. ISBN 80-7225-018-3
DRASTÍK, F. *Strojnické tabulky*. Ostrava : Montanex, 1999, 722 s. ISBN 80-85780-95-X
KŘÍŽ, R. *Strojnické tabulky II. Pohony*. Ostrava : Montanex, 1997, 213 s. ISBN 80-85780-51-8
MORAVEC, V.; HAVLÍK, J. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2005, 72 s. ISBN 80-248-0878-1
NĚMČEK, M. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů, spoje*.
druhé vydání Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2008, 111 s. ISBN 978-80-248-1782-8
Katalogy ložisek
Firemní literatura

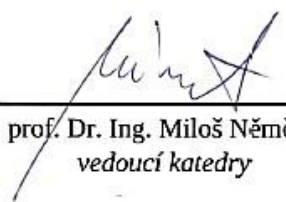
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Havlík, Ph.D.**


Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015





prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 14.4.2015

Kyprina

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 14.4.2015


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Zuzana Kyprová

Adresa trvalého pobytu autora práce: Osvoboditelů 1235, Kopřivnice

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KYPROVÁ, Z. *Zkušební zařízení vlivu změny geometrie posezu cyklisty: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2015, 50 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Havlík, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá mechanizací zařízení pro správné nastavení posedu cyklisty. První kapitola je věnována cyklistice obecně – vývoji jízdního kola. Ve druhé kapitole této práce jsou popsány různé části a komponenty jízdních kol. Třetí kapitola patří ergonomii správného posedu cyklisty. To znamená, že je zaměřena na výběr rámu, klik a řídítek podle výšky jezdce a jeho stylu jízdy. Dále tato část popisuje stávající metodu BG Fit. Ve čtvrté kapitole jsou uvedeny volené či nakupované komponenty a jejich funkce, včetně obecného popisu systému. V poslední kapitole diplomové práce jsou uvedeny výpočty, zejména kontrola stability profilů. Dále je zde provedena kontrola řídítek a středu rámu na ohyb. Cílem bylo navrhnout zařízení pro snímání intenzity šlapání, a zajistit pohyb sedátka a řídítek v daném rozmezí pro člověka do hmotnosti 120 kg.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

KYPROVÁ, Z. *Testing Device for an Influence of a Biker Sitting Geometry Change: Diploma Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2015, 50 p. Thesis head: doc. Ing. Jiří Havlík, Ph.D.

This diploma thesis deals with mechanization of equipment for correct settings sitting position of cyclist. The first chapter is dedicated to cycling in general – development of bicycle. In second chapter of this thesis describes different parts and components of bicycle. Third chapter belongs to correct ergonomic sitting position of cyclist. This mean that it is focused on choice of frame, cranks and handlebar according to the height of the rider and his riding style. Further this part describes the current method BG Fit. In the fourth chapter are listed chosen or purchased components and their functions including general description of the system. In the last chapter of this thesis are describes the calculations, especially stability control of profiles. There is also control on bending of the handlebar and the center of the frame. The aim of this thesis was to propose a device for sensing the intensity of pedaling and ensure the movement of the seat and the handlebars in a given range for human to the 120 kg weight.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ, SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	8
ÚVOD A CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE	10
1 CYKLISTIKA OBECNĚ	11
2 ČÁSTI KOLA	13
2.1 Rám	13
2.2 Přední vidlice.....	13
2.3 Pohonný systém.....	14
2.4 Ovládání kola	15
2.5 Kola	15
2.6 Ostatní součásti kola.....	16
3 ERGONOMIE POSEDU CYKLISTY	17
3.1 Velikost rámu	17
3.2 Délka kliky	18
3.3 Nastavení posedu cyklisty	18
3.4 Noha na pedálu a výška sedla	19
3.5 Předozadní poloha sedla	19
3.6 Sklon sedla a délka představce	20
3.7 Výška řídítek	20
3.8 Šířka řídítek	21
3.9 Metoda BG Fit.....	21
4 VLASTNÍ ZAŘÍZENÍ.....	22
4.1 Volba komponentů	22
4.2 Trenažér s magnetickou brzdou	22
4.3 Měřič výkonu	22
4.4 Středová osa, kazeta, přehazovačka a její komponenty	23
4.5 Profily a zvedací zařízení	23
4.6 Sedlo, sedlová trubka a její zámek	24
4.7 Řídítka	25
4.8 Pohon a převodovka	25
4.9 Celkový pohled na zařízení	26
5 VÝPOČET.....	28
5.1 Návrh pohonu pro svislý pohybový šroub	28

5.2	Kontrola zadního rámu	30
5.3	Kontrola dvou svislých profilů	36
5.4	Kontrola šroubů držících profil	37
5.5	Kontrola řídítek	40
5.6	Držák šlapátek	43
6	ZÁVĚREČNÉ SHRnutí	45
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	47
	SEZNAM PŘÍLOH	49

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ, SYMBOLŮ A ZKRATEK

Značení	Význam	Jednotka
a	Vzdálenost těžiště člověka	mm
a_s	Nebezpečný průřez svaru	mm
b	Vzdálenost těžiště držáku sedla	mm
c	Vzdálenost těžiště pohybového šroubu	mm
d	Rameno síly k profilu	mm
d_2	Průměr vnitřní tyče řídítek	mm
d_{3s}	Vnější průměr závitu	mm
d_s	Průměr pohybového šroubu	mm
E_{Al}	Modul pružnosti hliníku	MPa
f	Průhyb	mm
$F_{\check{c}}$	Síla od hmotnosti člověka	N
$F_{p\check{s}1}$	Síla od hmotnosti pohybového šroubu	N
$F_{\check{r}, \check{r}1}$	Síla na řídítka	N
$F_{\check{s}, \check{s}1}$	Síla na šroub v profilu	N
g	Gravitační zrychlení	$m \cdot s^{-2}$
G	Modul pružnosti profilu ve smyku	MPa
H_s	Zdvih šroubu	mm
I_t	Moment tuhosti v krutu	cm^4
I_p	Moment setrvačnosti profilu	cm^4
I_s	Délka svaru	mm
$K_{3,4}$	Převodní součinitel	-
K_s	Bezpečnost šroubu	-
K_p	Bezpečnost v ohybu profilu	-
K_t	Bezpečnost v tahu	-
m_c	Celková hmotnost	kg

$m_{\check{c}}$	Hmotnost člověka	kg
$m_{p\check{s}1}$	Hmotnost pohybového šroubu	kg
M_{okl}	Klopný moment	Nmm
M_{os}	Ohybový moment ve svaru	Nmm
$M_{o\check{r}1,2}$	Ohybový moment na řídítkách	Nmm
M_p	Moment na profilu pod sedlem	Nmm
$n_{\check{s}}$	Otáčky šroubu	min^{-1}
P	Stoupání šroubu	mm
$P_{\check{s}}$	Výkon pohonu	W
R	Poloměr držáku	mm
$R_{p0,2}$	Mez kluzu pro hliník	MPa
Re	Mez kluzu	MPa
R_m	Mez pevnosti	MPa
S_{min}	Plocha šroubu	mm^2
$v_{\check{s}}$	Rychlost šroubu	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
$W_{o\check{r}1,2}$	Modul průřezu tyče	cm^3
W_p	Modul průřezu profilu	cm^3
β	Korekční faktor	-
ϑ	Úhel zkroucení	°
σ_{DOV}	Dovolené napětí v ohybu	MPa
$\sigma_{o\check{r}1,2}$	Ohybové napětí v řídítkách	MPa
σ_{red}	Redukované napětí	MPa
$\sigma_{\check{s}}$	Napětí ve šroubu	MPa
$\sigma_{\check{s}DOV}$	Dovolené napětí ve šroubu	MPa
$\tau_{v\check{y}sl}$	Výsledné napětí ve svaru	MPa
$\tau_{II}^{F_{\check{c}}}$	Smykové napětí	MPa
$\tau_{\perp}^{M_{os}}$	Ohybové napětí	MPa

ÚVOD A CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Ve světě existuje v současné době několik způsobů nastavení posedu jezdce. Tyto metody pro zajištění správné ergonomie se využívají většinou jen v závodní cyklistice. Očekává se, že se postupem času budou tyto metody vylepšovat a rozšiřovat do podvědomí všech cyklistů, nejen těch závodních.

U všech stávajících metod se musí nastavovat veškeré komponenty ručně. Celosvětově nejznámější metodou je BG Fit od firmy Specialized, ve které specialisté řeší i tvar částí končetin.

U posedu cyklisty na kole je velmi důležitý každý detail. Ať už se jedná o úhel sklonu trupu, natažení rukou na řídítka, či uložení nohy na pedál. Rám kola a jeho komponenty musí splňovat veškeré ergonomické předpisy. Při nedodržení těchto předpisů může dojít i ke zranění cyklisty a dlouhotrvajícím problémům s určitými částmi těla.

Cíle diplomové práce

- seznámení s bicyklem (vývoj, jednotlivé části),
- seznámení s nastavením správného posedu cyklisty,
- vlastní návrh zkušebního zařízení a kontrola jeho částí

1 CYKLISTIKA OBECNĚ

První bicykl byl vynalezen již v roce 1817 v Německu Karlem Draisem. Tomuto kolu se přezdívalo podle jeho vynálezce, tedy Draisina a později drezína viz obr. 1.1. Hlavní princip pohybu spočíval v odražení se od země. Tento stroj byl vyroben převážně ze dřeva, jediná železná část byla obruč pro loukoťová kola.



Obr. 1.1 – Draisina [2]

Důležitý přelom v cyklistice přišel roku 1861 z Paříže. Pierre Michaux za použití pevných klik změnil způsob pohonu, jelikož tyto jedno rychlostní kliky umožňovaly šlapání. Tento stroj se začal vyrábět pod názvem velocipéd a byl celokovový (obr. 1.2). Drátěná kola byla vylepšena o gumové obruče, které se dávaly na ráfky z ocele pro příjemnější jízdu.



Obr. 1.2 – Velocipéd [3]

Další významný prvek ve vývoji kola vznikl roku 1870, kdy bylo představeno vysoké kolo. Hlavní předností tohoto bicyklu je velké přední kolo, které výrazně zvyšuje efektivitu šlapání - viz obr. 1.3. Avšak tato přednost, je degradována velkou nestabilitou a nebezpečím pádu z výšky. Pro zvýšení bezpečnosti byl tento dopravní prostředek následně upraven do tricyklů a kvadrocyklů, u nichž byly přidány další kola, která vyvažovala nestabilitu.



Obr. 1.3 – Vysoké kolo [4]

Téměř celé 20. století patřilo bicyklům s řetězovým převodem se silami na zadní kolo, které byly vynalezeny v roce 1879 Henrym J. Lawsonem (obr. 1.4). Různé doplňky pro cyklistiku přišly až kolem roku 1895. Nejdříve se vyráběly látkové blatníky a světla. Látka z blatníků byla později nahrazena plechem.



Obr. 1.4 – Bicykl s řetězovým převodem [5]

Roku 1896 nahradilo tehdejší málo účinné přitlačení brzdy na plášť, brzdění pomocí lanka. Tuto inovaci si nechal patentovat Sir Frank Boden. Způsob brzdění prošel dalšími změnami, například vynálezem protišlápne brzdy. Funkce spočívala v přemístění brzdné síly do středu zadního kola.

Další výrazná změna přišla s výrobou horského kola z přelomu 70. a 80. let. Tyto kola se používají dodnes, avšak i s dalšími inovacemi, jako jsou například kotoučové brzdy nebo odpružené vidlice a rámy, což je vidět na obrázku č. 1.5.



Obr. 1.5 – Současné kolo [6]

2 ČÁSTI KOLA

Kolo se skládá z několika částí. Hlavním prvkem kola je rám, ke kterému jsou připevněny všechny ostatní součásti, jako jsou kola, přední vidlice, sedlo, pohonný systém a ovládací součásti.

2.1 Rám

Rám má typický lichoběžníkový tvar. V zadní části, kde je sedlová trubka, může být tlumič pro zvýšení komfortu z jízdy. Tvar a velikost jsou velmi důležité pro správný posed cyklisty a efektivitu šlapání. Rámy se vyrábí z oceli, hliníku, titanu nebo karbonu, každý z těchto materiálů má však své výhody i nevýhody. Ocel je pevná, ale těžká, a může podlehnout korozi. Hliník je lehký, a tuhý, avšak má omezenou životnost (obr. 2.1).



Obr. 2.1 – Rám kola [6]

2.2 Přední vidlice

Přední vidlice může být pevná, nebo s odpružením viz obr. 2.2. V dnešní době jsou různé způsoby odpružení, například pružinové, nebo vzduchové. Dalším kritériem pro výběr vidlice je její zdvih, který je úměrný k typu kola a terénu, na kterém se bude jezdit. Čím větší terén, tím vyšší zdvih vidlice pro zvýšení komfortu. Při jízdě po silnici se do rukou cyklisty nepřenáší žádné rázy od nerovností, proto není potřeba u silničních a závodních kol žádné odpružení.



Obr. 2.2 – Přední odpružená vidlice [7]

2.3 Pohonný systém

Cyklista díky šlapání, přenáší sílu na zadní kolo. K tomuto přenosu slouží pedály, které jsou spojeny klikami za pomoci čtyřhranu ke středové ose s ložisky. Řetězem, který je jednou z nejvíce namáhaných součástí kola, se síla přenesení z předního ozubeného talíře na zadní kazetu. Kazety mívají většinou pět až devět koleček a přední kolečka jsou většinou tři se standardním počtem zubů 24-34-44. Celé šlapací ústrojí lze vidět na obrázku č. 2.3.

Rozlišujeme tři druhy pedálů, SPD – nášlapné pedály, které jsou poté pevně přichyceny k botě, pedály s klipsnami, do kterých se bota zasune, a klasické pedály.



Obr. 2.3 – Pohonný systém [8]

2.4 Ovládání kola

Hlavní princip ovládání kola spočívá v brždění, přehazování převodů a zatáčení řídítka. Řídítka jsou upevněna v představci, který zvětšuje délku kola a zajišťuje lepší ovládání. Tvar řídítek se liší od druhu kola. Nejčastější jsou řídítka rovné, nebo „vlaštovky“. Pro dobrou ergonomii držení řídítek je důležitý správný výběr tvaru a vzoru rukojetí (obr. 2.4).

Pro přehození převodu jsou zapotřebí u předních koleček přesmykač a u zadní kazety přehazovačka. Celý tento proces je řízen pomocí páčkových, nebo otočných řadicích systémů a vykonán šlapáním cyklisty.

Největší účinnost při brždění mají kotoučové brzdy. Kotouč je připevněn na ose kola, a při zmáčknutí brzdové páčky jej svírají čelisti. Tuto mechanickou část – čelisti s páčkou, spojuje bowden. Druhým, méně účinným způsobem brždění jsou ráfkové brzdy, kdy princip spočívá v přitlačení brzdných špalíků k ráfku kola.



Obr. 2.4 – Řídítka s páčkami pro řazení a brždění [13]

2.5 Kola

Velikost kol se udává v palcích, a pro dospělé rozlišujeme tři základní velikosti 26“, která je nejběžnější, dále 27,5“ a 29“. Kolo je složeno z několika základních částí. Z pláště, duše, ráfků, drátů a náboje. Pláště se liší hloubkou a tvarem vzorku a také šířkou. Hlubší vzorek a široké pláště jsou určeny do členitého terénu, kdežto úzké pláště s jemným vzorkem na silnice viz obr. 2.5.

Duše je v prostoru mezi ráfkem a pláštěm. Jediný rozdíl mezi dušemi je ve ventilkou, který je buď galuskový, nebo auto ventil. Náboje jsou ve středu kola, které nesou osy a ty jsou zakončeny rychloupínacím systémem, nebo speciálními maticemi.



Obr. 2.5 – Kola [13]

2.6 Ostatní součásti kola

Mezi ostatní součásti kola patří sedlová trubka a sedlo se zámkem. Trubka umožňuje výškové nastavení sedla, a také jeho sklon. Samotné sedlo je vyrobeno z materiálů, které tlumí a pohlcují vibrace. Výběr šířky a tvaru sedla záleží na četnosti jízdy, počtu najetých kilometrů a terénu, na kterém se bude nejčastěji jezdit.

3 ERGONOMIE POSEDU CYKLISTY

Správný posed jezdce vychází z pevného svazku mezi kolem a cyklistou. Pokud tento svazek nefunguje, výrazně se snižuje požití z jízdy, efektivita šlapání a je v ohrožení i zdraví cyklisty.

3.1 Velikost rámu

Velikost rámu se dá určit dvěma způsoby. První způsob je dle délky nohou a druhý dle výšky postavy. Správná velikost rámu by se měla zvolit tak, aby horní vodorovná trubka měla přibližně 5 cm od rozkroku cyklisty, který stojí obkročmo. Volba velikosti rámu viz tabulky 3.1 a 3.2.

Tab. 3.1 Velikosti rámu dle délky nohy [10]

Délka nohy (cm)	Velikost rámu (cm)			
	Sportovní použití		Rekreační použití	
	(cm)	(palce)	(cm)	(palce)
72	40	15,7	42	16,5
75	42	16,5	44	17,3
79	44	17,3	46	18,1
82	46	18,1	48	18,9
87	48	18,9	50	19,7
89	50	19,7	52	20,5
92	52	20,5	54	21,3
96	54	21,3	56	22,0

Tab. 3.2 Velikosti rámu dle výšky postavy [10]

Výška postavy (cm)	Velikost rámu (cm)	Velikost rámu (palce)	Označení rámu
160 - 165	42 - 47	16,5 - 18,5	S
166 - 170	44 - 49	17 - 19	S - M
171 - 175	46 - 51	18 - 20	M
175 - 180	48 - 53	19 - 21	M - L
181 - 185	50 - 55	19,5 - 21,5	L
186 - 190	52 - 57	20,5 - 22	L - XL

3.2 Délka kliky

Délka kliky se volí v závislosti na délce vnitřní strany nohy, viz tabulka 3.3. Ke konečné délce můžeme ještě přičíst 2,5 až 5 mm, podle stylu šlapání v terénu.

Tab. 3.3 Délka kliky [9]

Délka nohy (cm)	Délka kliky (mm)
do 75	165
76 - 80	170
81 - 85	175
Přes 86	177,5

3.3 Nastavení posedu cyklisty

Posed cyklisty se nastavuje tak, aby jeho veškerá váha směřovala do sedla, jelikož cyklista po většinu času šlapání sedí. Při šlapání vestoje se rychle unaví svaly dolních končetin.

3.4 Noha na pedálu a výška sedla

Osa pedálu by měla pomyslně procházet nejširším místem chodidla, to znamená v místě kloubu palce. Chodidlo musí být rovnoběžné s osou kola.

K nastavení správné výšky sedla můžeme dojít dvěma způsoby – matematicky a prakticky. Při praktickém měření je zapotřebí pevné ustavení kola. Dále cyklista položí patu na pedál ve spodní poloze, a nastaví sedlo tak, aby koleno bylo mírně pokrčené, přibližně 170-175° (obr. 3.1). Cyklista musí být schopen provést několik šlápnutí bez naklánění do stran.



Obr. 3.1 – Pokrčení kolene [11]

3.5 Předozadní poloha sedla

K určení správné předozadní polohy je potřeba olovnice. Kliky musí být ve vodorovné poloze a od kolena se spustí olovnice. Ta by měla procházet středem pedálu, viz obr. 3.2. Jiné návody říkají, že olovnice by měla procházet koncem kliky. Správná předozadní poloha by měla být někde v tomto rozmezí.



Obr. 3.2 – Správná předozadní poloha [11]

3.6 Sklon sedla a délka představce

Sedlo musí být vodorovné. Správnou polohu můžeme zajistit vodováhou.

Délku představce můžeme zjistit opticky tak, že při pohledu shora, nám konec představce a řídítka zakrývají náboj v předním kole. Předklon trupu se liší podle způsobu jízdy. Pro rekreační jízdu je tento úhel 50°, pro neutrální 40° a pro sportovní 30°, znázornění sklonu lze vidět na obrázku 3.3.



Obr. 3.3 – Předklon trupu [11]

3.7 Výška řídítek

Základní nastavení řídítek je ve stejné výšce jako sedlo. Pro snížení odporu vzduchu se řídítka mohou snižovat, ale musí se řídit pravidlem v tabulce 3.4. Pro jezdce se špatnou pohyblivostí zad je možno řídítka zvýšit nad sedlo, zde neplatí žádné pravidlo. Řídítka se drží volně a lokty musí být lehce pokrčené a směřují šikmo dozadu.

Tab. 3.4 Snižování řídítek vůči sedlu [9]

Výška postavy (cm)	Snížení pod úroveň sedla (cm)
Méně než 163	0 - 2
163 - 173	3 - 6
173 - 183	4 - 8
Více než 183	6 - 10

3.8 Šířka řídítek

U kol, kde je kladen důraz na aerodynamiku, se volí šířka řídítek stejná jako šířka ramen. Při volbě užších řídítek je aerodynamika ještě větší, ale dochází k omezování dýchání. Širší řídítka zajistí lepší ovladatelnost kola.

3.9 Metoda BG Fit

Metodu Body Geometry Fit vytvořila jedna z nejvýznamnějších výrobců jízdních kol, společnost Specialized. Jedná se o 3 – 4 hodinové vyšetření, kdy se měří pohyby jezdce při šlapání. Školení specialisté vylučují jakoukoliv chybu při nastavování optimálního posedu. Při měření specialista zkoumá strukturu chodidel, pozici kolene – jsou-li nohy tvarovány „do O“, „do X“ či neutrálně, úroveň pánve, prohnutí páteře, pozice lopatek a míru zahnutí přední části chodidel.

V další části se zabývají pohybovými měřeními. Zjišťují se zde hybnosti kotníků, kyčlí a ramenního kloubu, nebo pružnost krční páteře. V této fázi lze zjistit správnou výšku řídítek, šířku sedla a délky klik.

V třetí, a zároveň poslední části, dochází k nastavování komponentů bicyklu podle naměřených hodnot a zjištěných informací ohledně předešlých zranění, asymetrií a nerovností těla. Svými znalostmi a zkušenostmi specialista dodatečně upraví posed přesně na míru každému jezdci. Po tomto nastavení cyklista šlape na 60 % výkonu, a specialista jej sleduje a musí doladit poslední detaily.

4 VLASTNÍ ZAŘÍZENÍ

Správný posed cyklisty byl doposud nastavován ručně. Cílem tohoto zařízení je zjednodušení v podobně mechanického pohonu, aby cyklista neustále nemusel sesedat, ale mohl si vše pohodlně nastavit vsedě.

4.1 Volba komponentů

V tomto zařízení, je potřeba již předem zvolit komponenty, díky kterým se bude moci nastavit správnost posedu nebo porovnat efektivita šlapání.

4.2 Trenažér s magnetickou brzdou

Pro šlapání s určitým odporem se používají trenažéry s magnetickou brzdou. Pro toto zařízení je zvolen trenažér Elite Turbo Muin (obr. 4.1), který je vybaven 6 kilovým setrvačником. Tato jednotka dosahuje maximálního odporu, až 2000 W. Tento trenažér nahrazuje zadní kolo a přenáší se do něj 100% výkonu.



Obr. 4.1 – Trenažér Elite Turbo Muin [18]

4.3 Měřič výkonu

Měřiče výkonu RIKEN R od firmy QUARQ měří síly v pavouku. Jelikož pavoukem prochází celé šlapací úsilí, je přesnost měření velká. K tomuto měřiči musí být zvoleny i odpovídající převodníky - SRAM RED X-Glide R, viz obr. 4.2.



Obr. 4.2 – RIKEN R s převodníky SRAM RED X-Glide R [19]

4.4 Středová osa, kazeta, přehazovačka a její komponenty

Byl zvolen náboj BB30 s jednořadým kuličkovým ložiskem 6806. Dále kazeta Shimano Deore XT CS-M770 (obr. 4.3) s devíti rychlostmi a pro tuto kazetu byla zvolena odpovídající přehazovačka Shimano Deore RD-M592 Shadow SGS. Přehazování je zajištěno otočnými řazeními, která jsou umístěna na řídítkách. Dalším komponentem je řetěz Sram, který je určen pro devíti rychlostní kazety.



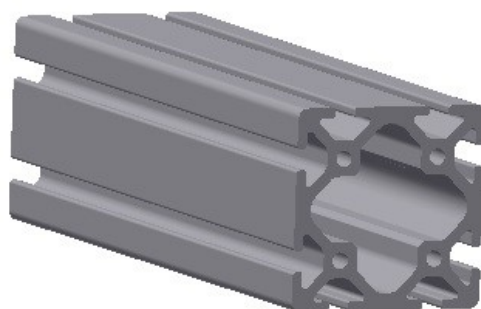
Obr. 4.3 - Kazeta

4.5 Profily a zvedací zařízení

Rám zařízení bude složen ze stavebnicových profilů velikosti 8 – 80x80mm, firmy Haberkorn Ulmer. Tyto profily jsou vyrobeny z hliníku a mohou mít délku až 6000 mm a lze je spojit kolmo, různoběžně nebo rovnoběžně, za pomoci spojovacích součástí, které jsou také normalizovány. Pro ukotvení, či postavení na podlahu tato firma vyvinula

speciální nohy s přírubami, které lze přišroubovat k profilům, ať už z boku, nebo na jejich koncích.

Zvedací a posuvné zařízení je od téže firmy. Horizontální i vertikální posuny zajišťují poháněné kuličkové šrouby KGT VK14 (obr. 4.4), které jsou synchronizovány. Tento šroub má průměr 20 mm a stoupání 5 mm. Jeho přímý chod je zajištěn vedením, kterým jsou ocelové tyče po bocích. Šrouby mohou být přímo připojeny k pohonům, ale je nutné opracovat koncové ložisko. Maximální zdvih tohoto šroubu může být až 2762 mm. Pro plynulý chod a zajištění životnosti, se šrouby musí mazat tukem. Doporučuje se mazání po 400 - 500 provozních hodinách.



Obr. 4.4 – Stavebnicový profil 8

4.6 Sedlo, sedlová trubka a její zámek

V tomto zařízení je použito sedlo VNT Elements. U tohoto sedla jsou lyžiny vyrobeny z titanu, a potah horní části je ze syntetické kůže. Polstrování pěnovým elastomerem zajišťuje pohodlné sezení. Sedlo je na obrázku 4.5.

Sedlová trubka je vlastní výroby, jsou to svařené dvě duté trubky pod takovým úhlem, aby bylo zajištěno rovnoběžné připojení k držáku. Zámek je od firmy Kore. Obě součásti jsou z oceli.



Obr. 4.5 – Sedlo VNT Elements

4.7 Řídítka

Řídítka se dle zadání mají pohybovat v rozmezí od 400 mm do 720 mm. Aby bylo zajištěno téměř dvojnásobné zvětšení, musí se jednotlivé části zasouvat do sebe. Z tohoto důvodu musí být koncové tyče duté. Maximální rozměr řídítek je dán dorazem uvnitř koncové trubky. Řídítka se jako jediné musí nastavovat ručně. K upevnění polohy slouží objímky s imbusovými šrouby a pro zajištění symetrie jsou na prostředních tyčích vyražena měřítka. Řídítka jsou vybavena otočným řazením a gumovou rukojetí s drážkami, viz obrázek 4.6.



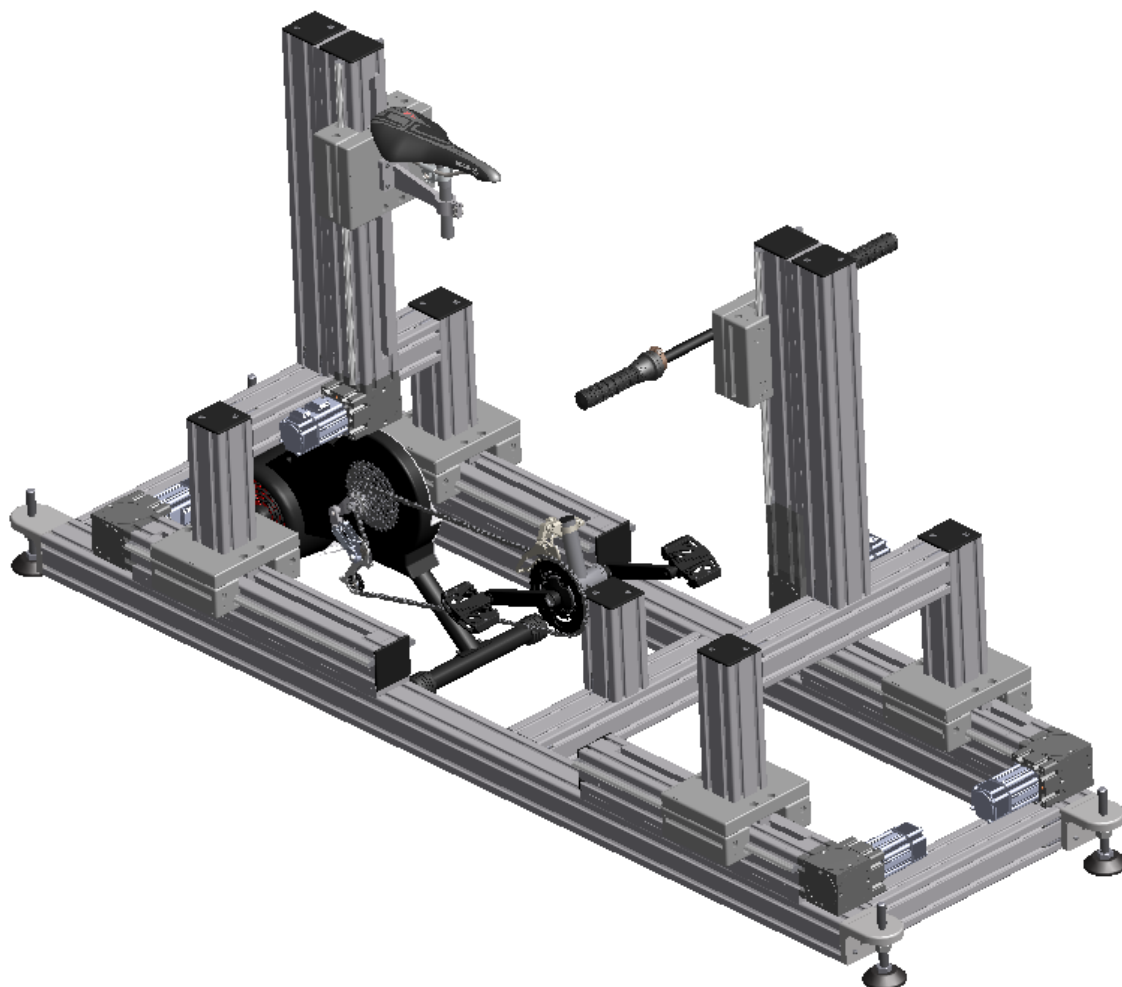
Obr. 4.6 – Řídítka

4.8 Pohon a převodovka

Pro pohon byl zvolen servomotor, především díky svým kompaktním rozměrům a možnosti řízení otáček. Převodovka byla zvolena od firmy Haberkorn. Tato převodovka má převod 1 a je pravoúhlá. Jelikož je od stejné firmy jako pohybový šroub, není nutné vkládat spojku pro přeměnu drážkové hřídele na hladkou.

4.9 Celkový pohled na zařízení

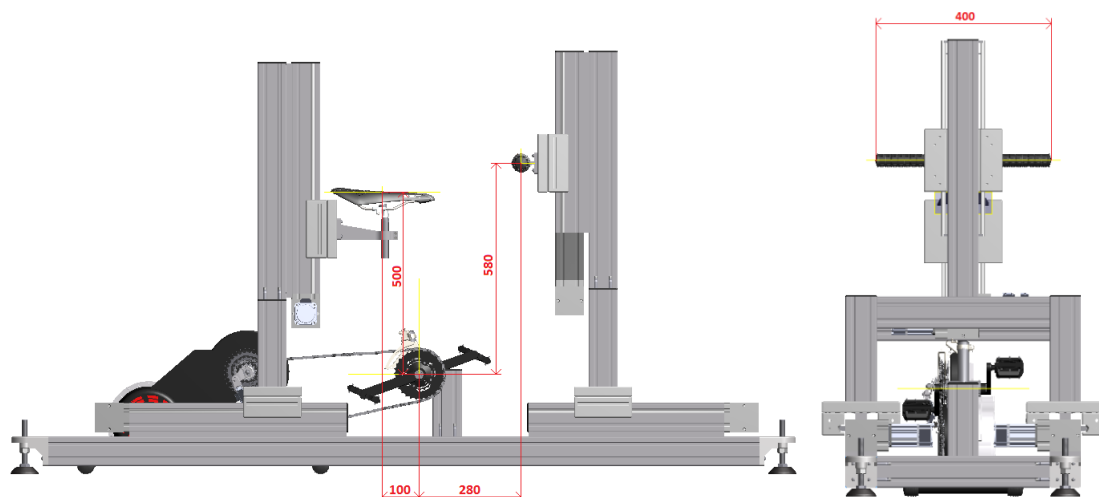
Hmotnost celého zařízení činí 145,9 kg a při posezu člověka o hmotnosti 120 kg, na něhož je zařízení dimenzováno, váha dosahuje 265,9 kg. Není potřeba zvýšené opatrnosti, kde se zařízení postaví. Při roztažení řídítek na požadovaných 720 mm, konce rukojetí přesahují hranu rámu, takže maximální rozměry činí 1162 x 740 x 2155 mm. Pohybové šrouby zajišťují přemístění sedátka nahoru, dolů a dopředu či dozadu. Pohled na celou sestavu viz obr. 4.7.



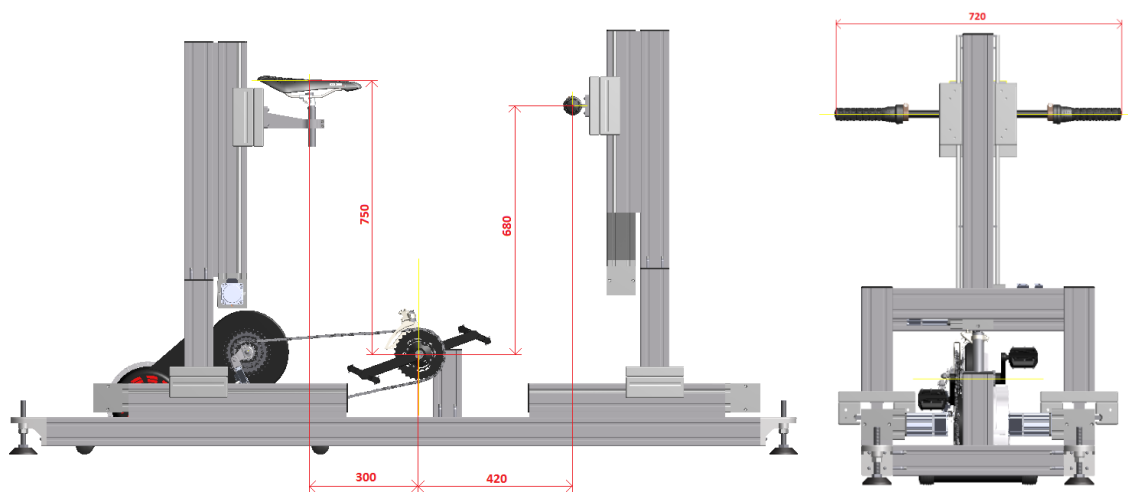
Obr. 4.7 – Celková sestava

Nejmenší a největší posun sedátka a řídítek

Každá část, řídítka nebo sedátko mají zadaný požadavek na rozsah pohybu. Tyto rozměry se udávají od os šlapacího ústrojí. Sedátko se pohybuje vodorovně ve vzdálenosti 100 mm až 300 mm a svisle 500 až 750 mm. Vzdálenost řídítek v ose x se pohybuje od 280 mm do 420 mm, a v ose y 580 mm až 680 mm. Řídítka se navíc ještě pohybují v ose z, musí se ze 400 mm roztáhnout na 720 mm. Na následujících dvou obrázcích, jsou znázorněny vždy veškeré nejmenší rozměry (obr. 4.8), a veškeré největší rozměry (obr. 4.9).



Obr. 4.8 – Minimální rozměry



Obr. 4.9 – Maximální rozměry

5 VÝPOČET

Je nutností zkontrolovat zařízení na mnoho faktorů. Největší síla působí od hmotnosti člověka. Zadní část zařízení bude kontrolována při případě zatížení, kdy cyklista pouze sedí a neopírá se o řídítka. Při kontrole přední části se bude uvažovat rozložení hmotnosti cyklisty, kdy tři čtvrtiny působí do zadní části a jedna čtvrtina do přední. Celá zadní část zařízení bude kontrolována na ohybový moment a vedení pohybového šroubu pod sedátkem na klopný moment. Dále je potřeba zvolit pohon pro pohybový šroub. Kontrolou musí projít i střed zařízení, kde je uloženo šlapací ústrojí.

5.1 Návrh pohonu pro svislý pohybový šroub

Návrh bude proveden ze vstupních údajů od pohybového šroubu, což jsou rychlost šroubu v_s , průměr šroubu d_s a stoupání P . Návrh je pro svislý šroub, kde se přenáší největší hmotnost.

$$v_s = 0,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$d_s = 20 \text{ mm}$$

$$P = 5 \text{ mm}$$

Potřebné otáčky pohonu

$$n_s = \frac{v_s}{P} \quad (5.1)$$

$$n_s = \frac{0,25}{0,005}$$

$$n_s = 50 \text{ min}^{-1}$$

Hmotnost sedla m_s , sedlové trubky m_{st} , držáku m_{d1} a svorky pod sedlo m_{ss} . Všechny tyto komponenty jsou kupovány, tudíž mají danou hmotnost výrobcem.

$$m_s = 0,2 \text{ kg}$$

$$m_{st} = 0,08 \text{ kg}$$

$$m_{d1} = 0,7 \text{ kg}$$

$$m_{ss} = 0,1 \text{ kg}$$

$$m_{ss} = 1,2 \text{ kg}$$

Zařízení má být navrženo pro cyklistu vážícího 120 kg.

$$m_\zeta = 120 \text{ kg}$$

Celková hmotnost, kterou musí pohybový šroub unést

$$m_{cš} = (m_{\check{c}} + m_s + m_{st} + m_{ss} + m_d) \quad (5.2)$$

$$m_{cš} = (120 + 0,2 + 0,1 + 0,08 + 0,7)$$

$$m_{cš} = 121,1 \text{ kg}$$

Síla působící od hmotností na svislý pohybový šroub.

$$F_{mš} = m_{cš} \cdot g \quad (5.3)$$

$$F_{mš} = 121,1 \cdot 9,81$$

$$F_{mš} = 1188 \text{ N}$$

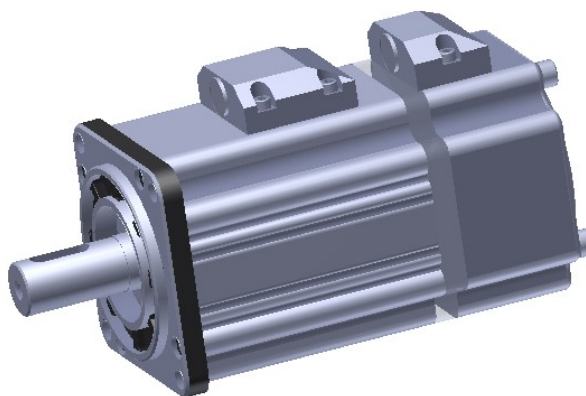
Ze síly se spočítá minimální výkon pohonu, který zajistí pohyb šroubu. Musí zde být započítána účinnost pohonu η_p .

$$P_{\check{s}} = F_{mš} \cdot v_{\check{s}} \cdot \eta_p \quad (5.4)$$

$$P_{\check{s}} = 1188 \cdot 0,25 \cdot 0,9$$

$$P_{\check{s}} = 267 \text{ W} = 0,27 \text{ kW}$$

Z tohoto výpočtu volím pravoúhlou převodovku Bevel Gearbox WG 90° od firmy Habernkorn pro profil 8. Tato převodovka má převod 1 a je přímo vyráběna pro tyto pohybové šrouby. K této převodovce byl zvolen servomotor ESTUN řady EMJ velikosti 04A firmy Raveo (viz obr. 5.1). Tento servomotor přenáší výkon 0,4 kW. Výhodou servomotorů je, že se mohou řídit jejich otáčky. Takže se jednoduše dosáhne požadovaných 50 min^{-1} . Má kompaktní velikost, tudíž je vhodný pro takovéto zařízení, kde se velice dbá na rozměry a přesnost.



Obr. 5.1 – Servomotor ESTUN řady EMJ [21]

5.2 Kontrola zadního rámu

Jelikož cyklista nesedí v ose svislého profilu, který vede od vodorovného pohybového šroubu, je třeba zkontrolovat rám na ohybový moment, který zde vzniká a vedení šroubu na klopný moment. Tyto momenty jsou vypočítány ze sil, které vznikají od hmotností komponentů a od síly, kterou působí cyklista svou váhou. Tento výpočet je pro nejhorší případ zatížení, tudíž pro cyklistu vážícího 120 kg.

Hmotnosti a síly

Síla, kterou působí cyklista od své váhy a gravitačního zrychlení.

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$F_{\zeta} = m_{\zeta} \cdot g \quad (5.5)$$

$$F_{\zeta} = 120 \cdot 9,81$$

$$F_{\zeta} = 1177,2 \text{ N}$$

Síly od komponentů

- sedlo

$$F_s = m_s \cdot g \quad (5.6)$$

$$F_s = 0,2 \cdot 9,81$$

$$F_s = 1,9 \text{ N}$$

- sedlová trubka

$$F_{st} = m_{st} \cdot g \quad (5.7)$$

$$F_{st} = 0,085 \cdot 9,81$$

$$F_{st} = 0,8 \text{ N}$$

- držák

$$F_{d1} = m_{d1} \cdot g \quad (5.8)$$

$$F_{d1} = 0,685 \cdot 9,81$$

$$F_{d1} = 6,7 \text{ N}$$

- svorka pod sedlo

$$F_{ss} = m_{ss} \cdot g \quad (5.9)$$

$$F_{ss} = 0,12 \cdot 9,81$$

$$F_{ss} = 1,2 \text{ N}$$

- servomotor

$$F_m = m_m \cdot g \quad (5.10)$$

$$F_m = 1,2 \cdot 9,81$$

$$F_m = 11,8 \text{ N}$$

Kontrola vedení pohybového šroubu

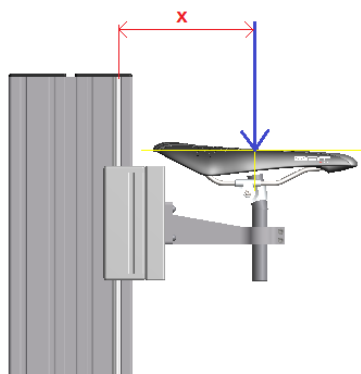
Na vedení pohybového šroubu působí klopný moment. Dovolený moment udává výrobce ve svém katalogu. Z katalogu firmy Haberkorn je dále zjištěn modul průřezu profilu W_p , mez kluzu pro hliník $R_{p0,2}$ a dovolený moment na vedení 8D 25. [20]

$$W_p = 25,17 \text{ cm}^3$$

$$R_{p0,2} = 195 \text{ MPa}$$

$$M_z = 250 \text{ Nm}$$

Výpočet klopného ohybového momentu – celková síla na rameni x.



Obr. 5.2 – Působení síly na rameni x

$$M_{okl} = (m_{\check{c}} + m_s + m_{st} + m_{ss} + m_d) \cdot g \cdot x \quad (5.11)$$

$$M_{okl} = (120 + 0,2 + 0,1 + 0,08 + 0,7) \cdot 9,81 \cdot 187$$

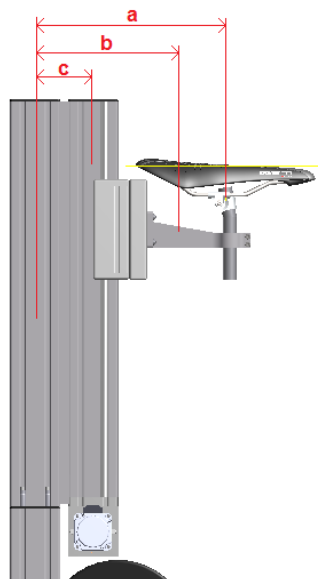
$$M_{okl} = 222117,6 \text{ Nmm}$$

Dovolený moment z katalogu M_z je vyšší, než vypočítaný klopný moment. Toto vedení z hlediska bezpečnosti vyhovuje.

Kontrola profilů v zadní části rámu – Svislý profil

Profily pod sedátkem jsou nejvíce namáhané profily v zařízení. Od váhy člověka zde působí ohybový moment a krouticí moment, takže profily kontrolujeme především na ohyb, a příčný profil ještě navíc na zkroucení a průhyb. U všech těchto výpočtů vycházíme z celkové hmotnosti a sil. Ve výpočtech budeme postupovat dle vzorců pro různé případy zatížení z katalogu firmy Habernkorn. [20]

Tlakové napětí je v tomto případě zanedbatelné, vychází přibližně 0,05 MPa. Ohybový moment je vypočítán jako působící síla vynásobena ramenem. Působící síla je brána od těžiště každé z částí, tudíž výsledný moment je součet dílčích momentů. Na obrázku 5.3 jsou znázorněny vzdálenosti těžišť ke kontrolovanému bodu. Jelikož hmotnost svorky pod sedlo, sedlové trubky a sedla jsou zanedbatelné, berou se tyto komponenty společně s těžištěm člověka, který pouze sedí a neopírá se o řídítka.



Obr. 5.3 – Vzdálenosti těžiště

$$a = 303 \text{ mm}$$

$$b = 270 \text{ mm}$$

$$c = 80 \text{ mm}$$

Hmotnost pohybového šroubu je dána počáteční hmotností a dle koeficientu daným firmou, se připočítá další hmotnost od velikosti zdvihu šroubu H_s . [20]

$$m_{pš1} = 5 + H_s \cdot 0,011 \quad (5.12)$$

$$m_{pš1} = 5 + 250 \cdot 0,011$$

$$m_{pš1} = 7,75 \text{ kg}$$

Síla od pohybového šroubu je dána hmotností a gravitačním zrychlením g.

$$F_{pš1} = m_{pš1} \cdot g \quad (5.13)$$

$$F_{pš1} = 7,75 \cdot 9,81$$

$$F_{pš1} = 76 \text{ N}$$

Ohybový moment

$$M_o = (F_{\check{c}} + F_s + F_{ss} + F_{st}) \cdot a + F_{d1} \cdot b + (F_m + F_{pš1}) \cdot c \quad (5.14)$$

$$M_o = (1177,2 + 1,9 + 1,2 + 0,8) \cdot 303 + 6,7 \cdot 270 + (11,8 + 76) \cdot 80$$

$$M_o = 366706,3 \text{ Nmm}$$

Výpočet ohybového napětí

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_p \cdot 10^3} \quad (5.15)$$

$$\sigma_o = \frac{366706,3}{25,17 \cdot 10^3}$$

$$\sigma_o = 14,6 \text{ MPa}$$

Kontrola bezpečnosti profilu na ohyb

$$K_o = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_o} \quad (5.16)$$

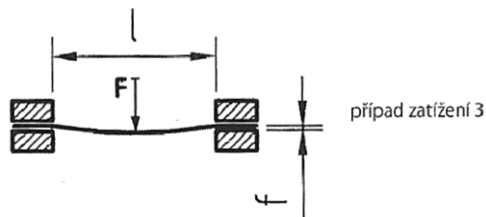
$$K_o = \frac{195}{14,6}$$

$$K_o = 13,4$$

Výsledná bezpečnost je vyhovující.

Kontrola příčného profilu

Příčný profil je namáhán ohybem a krutem zároveň. Je potřeba vypočítat redukované napětí. Výpočty na zkroucení se průhyb se provádí podle případu zatížení 3 (viz obr. 5.4), dle katalogu Habernkorn.



Obr. 5.4 – Případ zatížení 3 [20]

Výpočet ohybového napětí

$$\sigma_{op} = \frac{\frac{F_{mš}}{2} \cdot \frac{l_p}{2}}{W_p \cdot 10^3} \quad (5.17)$$

$$\sigma_{op} = \frac{\frac{1188}{2} \cdot \frac{308}{2}}{25,17 \cdot 10^3}$$

$$\sigma_{op} = 3,6 \text{ MPa}$$

Výpočet napětí v krutu

$$\tau_K = \frac{M_o}{W_K} \quad (5.18)$$

$$\tau_K = \frac{366706,3}{25170}$$

$$\tau_K = 14,6 \text{ MPa}$$

Redukované napětí

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{op}^2 + 4 \cdot \tau_K^2} \quad (5.19)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{3,6^2 + 4 \cdot 14,6^2}$$

$$\sigma_{red} = 29,4 \text{ MPa}$$

Výpočet bezpečnosti

$$\sigma_{op} = \frac{R_{p0,2}}{K_p} \rightarrow K_p = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{op}} \quad (5.20)$$

$$K_p = \frac{195}{29,4}$$

$$K_p = 6,6$$

Výsledná bezpečnost je výrazně vyšší než 2, která je minimální. Příčný profil z hlediska bezpečnosti při kombinovaném namáhání vyhovuje.

Průhyb

Z katalogu Haberkorn byl určen plošný moment setrvačnosti profilu I_p a modul pružnosti hliníku E_{Al} . Vzorec je pro výpočet bez ohledu na vlastní hmotnost profilu. [20]

$$I_p = 100,69 \text{ cm}^4$$

$$E_{Al} = 70000 \text{ MPa}$$

$$f = \frac{F_{mš} \cdot l_p^3}{192 \cdot E_{Al} \cdot I_p \cdot 10^4} \quad (5.21)$$

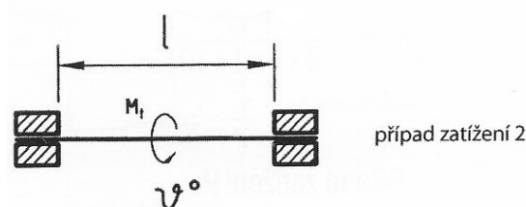
$$f = \frac{1188 \cdot 440^3}{192 \cdot 70000 \cdot 100,69 \cdot 10^4}$$

$$f = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$$

V tomto případě zatížení, je dovolený průhyb 0,7 mm, ani v tomto způsobu namáhání nebude profil poškozen.

Úhel zkroucení

Z katalogu byly určeny potřebné parametry – moment tuhosti v krutu I_t a modul pružnosti ve smyku G . Na tento profil působí krouticí moment. V tomto výpočtu používáme postup pro případ zatížení 2, viz obr. 5.5.



Obr. 5.5 – Příklad zatížení 2 [20]

$$G = 25000 \text{ MPa}$$

$$I_t = 50,93 \text{ cm}^4$$

Výpočet úhlu zkroucení

$$\vartheta = \frac{180 \cdot M_o \cdot l}{\pi \cdot 4 \cdot G \cdot I_t \cdot 10} \quad (5.22)$$

$$\vartheta = \frac{180 \cdot 366,7 \cdot 440}{\pi \cdot 4 \cdot 25000 \cdot 50,93 \cdot 10}$$

$$\vartheta = 0,18^\circ$$

Dovolené zkroucení v tomto případě je 1° . Z výpočtů v této podkapitole je patrné, že profil nebude porušen ani v jednom ze způsobů namáhání. Mohl by být zvolen i profil s menšími rozměry, ale musely by být upraveny i pohybové šrouby, které se vyrábějí pouze pro profily o rozměrech 80 x 80 mm.

5.3 Kontrola dvou svislých profilů

Tento profil je namáhán na ohyb. Tento moment je rozdělen do dvou profilů, proto se výpočet bude provádět pouze s jeho polovinou.

$$\sigma_{op} = \frac{\frac{M_o}{2}}{W_p \cdot 10^3} \quad (5.23)$$

$$\sigma_{op} = \frac{\frac{366706,3}{2}}{25,17 \cdot 10^3}$$

$$\sigma_{op} = 7,3 \text{ MPa}$$

Bezpečnost v ohybu

$$K_p = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{op}} \quad (5.24)$$

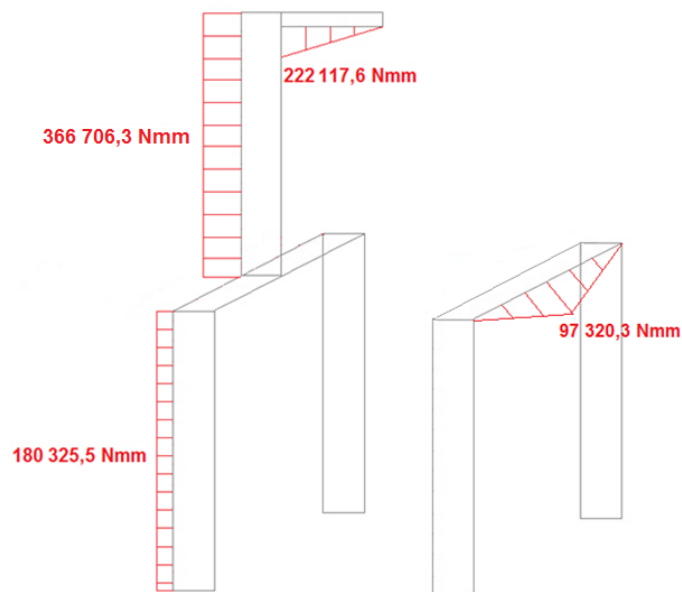
$$K_p = \frac{195}{7,3}$$

$$K_p = 26,7$$

Všechny kontrolované profily mají vysoké bezpečnosti, takže vydrží. Ostatní profily nemusíme kontrolovat, a to z důvodu, že na ně působí menší síly.

Průběh momentů v zadní části rámu

V každé části tohoto rámu působí ohybové momenty. Na obr. 5.6 je znázorněn jejich průběh. Svislé profily mají konstantní průběh. Příčný profil má největší moment v jeho středu. Ohybový moment pod sedátkem narůstá s jeho vzdáleností.



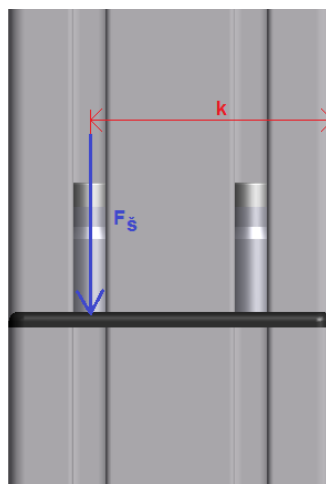
Obr. 5.6 – Schématický průběh momentů

5.4 Kontrola šroubů držících profil

U kontroly šroubů vycházíme z ohybového momentu, který rozpočítáme na jednotlivé šrouby - obr. 5.7. Tyto šrouby pak kontrolujeme na tah. Pro tyto šrouby volím utahovací moment M_u .

$$k = 60 \text{ mm}$$

$$M_u = 2000 \text{ Nmm}$$



Obr. 5.7 – Vzdálenost momentu od osy šroubu

Síla v místě šroubů

Ohybový moment se musí vydělit velikostí ramene, abychom dostali sílu na dva šrouby F_{s} ve vzdálenější části. Poté je nutné vypočítat sílu na jeden šroub $F_{\text{s}1}$, který bude dále kontrolován.

$$F_{\text{s}} = \frac{M_{\text{kl}}}{k} \quad (5.25)$$

$$F_{\text{s}} = \frac{366706,3}{60}$$

$$F_{\text{s}} = 6111,7 \text{ N}$$

$$F_{\text{s}1} = \frac{F_{\text{s}}}{2} \quad (5.26)$$

$$F_{\text{s}1} = \frac{6111,7}{2}$$

$$F_{\text{s}1} = 3055,9 \text{ N}$$

Osová síla od utahovacího momentu

K tomuto výpočtu je potřeba znát třecí úhel φ' a úhel stoupání závitu ψ . Veškeré hodnoty jsou brány z příručky pro výpočet šroubu [23].

$$\varphi' = \arctg \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}} \quad (5.27)$$

$$\varphi' = \arctg \frac{0,15}{\cos \frac{30}{2}}$$

$$\varphi' = 8,83$$

$$\psi = \arctg \frac{P_h}{\pi \cdot d_2} \quad (5.28)$$

$$\psi = \arctg \frac{0,75}{\pi \cdot 5,513}$$

$$\psi = 2,48$$

$$F_o = \frac{2 \cdot M_u}{\text{tg} \cdot (\psi + \varphi') \cdot d_2} \quad (5.29)$$

$$F_o = \frac{2 \cdot 2000}{\text{tg} \cdot (2,48 + 8,83) \cdot 5,513}$$

$$F_o = 3627,8 \text{ N}$$

Kontrola šroubu na tah

Šrouby jsou vyrobeny z materiálu 8.8. Nejdříve se určí průřez šroubu, a z něj napětí v tahu, napětí v krutu a celkové redukované napětí. Výsledek se musí porovnat s dovoleným napětím. [22]

$$R_{m_{8,8}} = 880 \text{ MPa}$$

$$R_{e_{8,8}} = 640 \text{ MPa}$$

Minimální průřez šroubu se vypočítá z jeho průměru d_3 . Šroub má velikost M6.

$$S_{\min} = \frac{\pi \cdot d_{3s}^2}{4} \quad (5.30)$$

$$S_{\min} = \frac{\pi \cdot 5,08^3}{4}$$

$$S_{\min} = 20,268 \text{ mm}^2$$

Výpočet napětí ve šroubu v tahu

$$\sigma_s = \frac{F_{s1} + F_o}{S_{\min}} \quad (5.31)$$

$$\sigma_s = \frac{3055,9 + 3627,8}{20,268}$$

$$\sigma_s = 329,8 \text{ MPa}$$

Napětí v krutu od utahovacího momentu

$$\tau_{Ks} = \frac{M_u}{\frac{\pi \cdot d_{3s}^3}{16}} \quad (5.32)$$

$$\tau_{Ks} = \frac{2000}{\frac{\pi \cdot 5,08^3}{16}}$$

$$\tau_{Ks} = 77,7 \text{ MPa}$$

Redukované napětí

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma_s^2 + 4 \cdot \tau_{ks}^2} \quad (5.33)$$

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{329,8^2 + 4 \cdot 77,7^2}$$

$$\sigma_{\text{red}} = 364,6 \text{ MPa}$$

Bezpečnost ve šroubu

$$K_t = \frac{Re_{8.8}}{\sigma_s} \quad (5.34)$$

$$K_t = \frac{640}{364,6}$$

$$K_t = 1,76$$

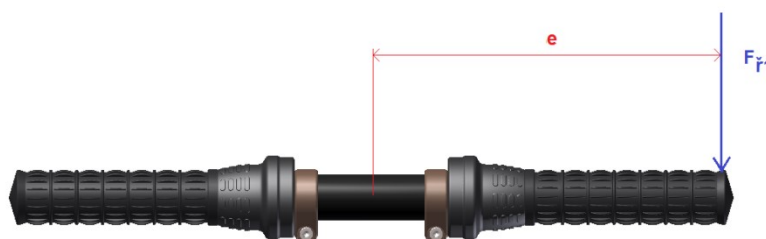
Výsledná bezpečnost je větší než 1,5. Tato bezpečnost je vyhovující.

5.5 Kontrola řídítek

Cyklista při jízdě, přenáší téměř celou svou váhu do sedátka. Pro kontrolu řídítek bylo zvoleno, že do přední části přenáší jednu čtvrtinu své váhy. Kontrola je provedena na ohyb, jiné namáhání zde nepůsobí.

Ohybové napětí při zasunutých řídítkách

Všechny ocelové části řídítek jsou vyrobeny z materiálu 11 600. Vnitřní tyč o průměru d_2 se zasouvá do té koncové. První výpočet je proveden při zasunutých řídítkách do sebe viz obr. 5.8. [22]



Obr. 5.8 – Vzdálenost síly na rameni e

$$e = 178,5 \text{ mm}$$

$$d_2 = 20 \text{ mm}$$

$$Re_{11600} = 250 \text{ MPa}$$

Výpočet hmotnosti

$$m_{\bar{r}} = \frac{m_{\bar{c}}}{4} \quad (5.35)$$

$$m_{\bar{r}} = \frac{120}{4}$$

$$m_{\bar{r}} = 30 \text{ kg}$$

Síla od hmotnosti

$$F_{\check{r}} = m_{\check{r}} \cdot e \quad (5.36)$$

$$F_{\check{r}} = 30 \cdot 9,81$$

$$F_{\check{r}} = 294,3 \text{ N}$$

Celková síla působící na řídítka se rovná 294,3 N. Výpočet bude proveden pro jednu stranu řídítek, což znamená polovinu síly.

$$F_{\check{r}1} = \frac{F_{\check{r}}}{2} \quad (5.37)$$

$$F_{\check{r}1} = \frac{294,3}{2}$$

$$F_{\check{r}1} = 147,15 \text{ N}$$

Moment působící na konec tyče ve vzdálenosti e.

$$M_{o\check{r}1} = F_{\check{r}1} \cdot e \quad (5.38)$$

$$M_{o\check{r}1} = 147,15 \cdot 178,5$$

$$M_{o\check{r}1} = 26266,3 \text{ Nmm}$$

Výpočet ohybového momentu

$$\sigma_{o\check{r}1} = \frac{M_{o\check{r}1}}{W_{o\check{r}1}} = \frac{M_{o\check{r}1}}{\frac{\pi \cdot d_2^3}{32}} \quad (5.39)$$

$$\sigma_{o\check{r}1} = \frac{26266,3}{\frac{\pi \cdot 20^3}{32}}$$

$$\sigma_{o\check{r}1} = 33,44 \text{ MPa}$$

Kontrola bezpečnosti v ohybu

$$K_{\check{r}1} = \frac{Re_{11600}}{\sigma_{o\check{r}1}} \quad (5.40)$$

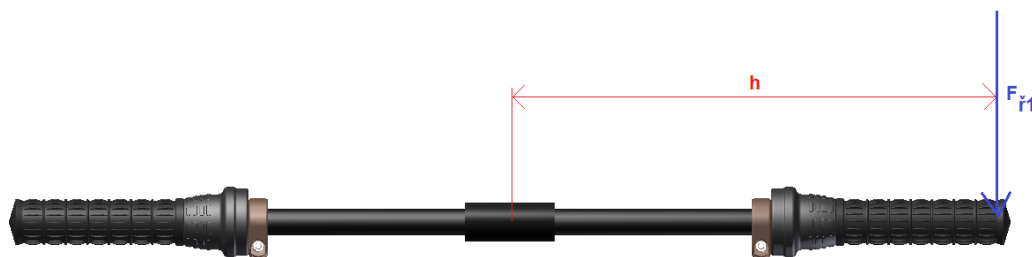
$$K_{\check{r}1} = \frac{250}{33,44}$$

$$K_{\check{r}1} = 7,47$$

Výsledná bezpečnost je vyšší než 1,5 - tyč na ohyb vydrží.

Ohybové napětí při rozložených řídítkách

V tomto výpočtu bude ohybový moment největší a to díky vzdálenosti h působící síly F_{r1} viz obr. 5.9.



Obr. 5.9 – Vzdálenost h

$$h = 356 \text{ mm}$$

$$d_3 = 22 \text{ mm}$$

$$d_4 = 25 \text{ mm}$$

Výpočet ohybového momentu

$$M_{or2} = F_{r1} \cdot h \quad (5.41)$$

$$M_{or2} = 147,15 \cdot 356$$

$$M_{or2} = 52385,4 \text{ N}$$

Ohybové napětí

$$\sigma_{or2} = \frac{M_{or2}}{W_{or2}} = \frac{M_{or2}}{\frac{\pi \cdot d_2^3}{32}} \quad (5.42)$$

$$\sigma_{or2} = \frac{52384,4}{\frac{\pi \cdot 20^3}{32}}$$

$$\sigma_{or1} = 66,69 \text{ MPa}$$

Kontrola bezpečnosti v ohybu

$$K_{r2} = \frac{Re_{11600}}{\sigma_{or2}} \quad (5.43)$$

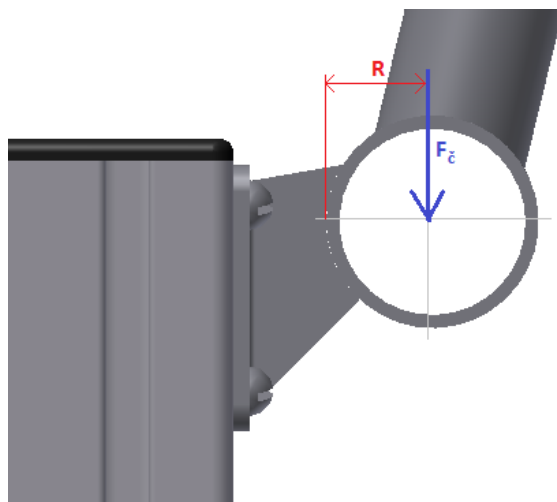
$$K_{r1} = \frac{250}{66,69}$$

$$K_{r1} = 3,75$$

Výsledná bezpečnost je vyšší než 2. Řídítka na ohyb vydrží. Pro zajištění ještě vyšší bezpečnosti je možné změnit materiál tyče, nebo zvětšit průměr.

5.6 Držák šlapátek

V tomto výpočtu se bude vycházet z hmotnosti člověka. Kontrola bude provedena na nejhorší případ zatížení, tedy pro cyklistu stojícího na pedálech. Držák je vyroben ze svařitelného materiálu 11 373, a kontroluje se svar u kulaté části (obr. 5.10). Pro výpočet je nutné znát délku svaru l_s a nebezpečný průřez svaru a_s . [22]



Obr. 5.10 – Zatížení šlapátek

$$R = 20 \text{ mm}$$

$$Re_{11373} = 235 \text{ MPa}$$

$$l_s = 27,72 \text{ mm}$$

$$a_s = 3 \text{ mm}$$

Ohybový moment působící na svar

$$M_{os} = F_{\check{c}} \cdot R \quad (5.44)$$

$$M_{os} = 1177,2 \cdot 20$$

$$M_{os} = 23544 \text{ Nmm}$$

Napětí ve svaru od ohybového momentu

$$\tau_{\perp}^{M_{os}} = \frac{M_{os}}{W_{os}} = \frac{M_{os}}{2 \cdot \frac{a_s \cdot l_s^2}{6}} \quad (5.45)$$

$$\tau_{\perp}^{M_{os}} = \frac{23544}{2 \cdot \frac{3 \cdot 27,72^2}{6}}$$

$$\tau_{\perp}^{M_{os}} = 30,6 \text{ MPa}$$

Smykové napětí

$$\tau_{II}^{F_{\check{c}}} = \frac{F_{\check{c}}}{2 \cdot a_s \cdot l_s} \quad (5.46)$$

$$\tau_{II}^{F_{\check{c}}} = \frac{1177,2}{2 \cdot 3 \cdot 27,72}$$

$$\tau_{II}^{F_{\check{c}}} = 7,1 \text{ MPa}$$

Výsledné napětí ve svaru se vypočítá jako kvadratický součet pod odmocninou. Každé napětí je upraveno převodním součinitelem.

$$\tau_{\text{výsl}} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp}^{M_{os}}}{K_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{II}^{F_{\check{c}}}}{K_4}\right)^2} \quad (5.47)$$

$$\tau_{\text{výsl}} = \sqrt{\left(\frac{30,6}{0,9}\right)^2 + \left(\frac{7,1}{0,8}\right)^2}$$

$$\tau_{\text{výsl}} = 35,1 \text{ MPa}$$

Kontrola bezpečnosti se provádí výpočtem z meze kluzu a výsledného napětí, tento výsledek je upraven korekčním faktorem β .

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot a_s \cdot \sqrt{2} \quad (5.48)$$

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot 3 \cdot \sqrt{2}$$

$$\beta = 1,173$$

Bezpečnost ve svaru

$$K_s = \beta \cdot \frac{Re_{11373}}{\tau_{\text{výsl}}} \quad (5.49)$$

$$K_s = 1,173 \cdot \frac{235}{35,1}$$

$$K_s = 7,85$$

Bezpečnost ve svaru je vysoká. Je možná úprava svaru a to například zmenšení její délky.

6 ZÁVĚREČNÉ SHRNUTÍ

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout zkušební zařízení pro správné nastavení posezu cyklisty do hmotnosti 120 kg. Nejprve musely být pro správný návrh zvoleny vhodné komponenty - pro měření výkonu cyklisty, pro odpor při šlapání a volba upevnění stacionárních šlapadel.

Jako první byl navržen pohon pro pohybové šrouby, který zajišťuje pohyb sedla a řídítek. Dle výsledků byl zvolen servomotor ESTUN řady EMJ velikosti 04A, který přenáší výkon 0,4 kW. Pro připojení k pohybovému šroubu byla navíc zvolena pravoúhlá převodovka Bevel Gearbox WG 90° firmy Haberkorn.

V další části byla provedena kontrola vedení pohybového šroubu a celé zadní části rámu zařízení. Vedení je namáháno klopným momentem M_{okl} od posedu cyklisty. Tento moment je nižší, než dovolený, který udává ve svém katalogu firma Haberkorn. Zadní část rámu byla kontrolována především na ohyb. Příčný profil byl ještě navíc kontrolován na průhyb a zkroucení. Ve všech případech byly vypočítané bezpečnosti výrazně vyšší než ty dovolené.

Dále byl kontrolován šroub, který spojuje profily. Z ohybového momentu, který působí na horní svislý profil v zadní části, byla vypočtena síla F_{s1} , která tento šroub zatěžuje. Od utahovacího momentu, zde působí osová síla F_o . Z těchto dvou sil, bylo vypočítáno napětí v tahu. Utahovací moment navíc zatěžuje šroub krutem. Z tohoto důvodu, bylo vypočteno redukované napětí σ_{RED} . Výsledná bezpečnost šroubu v tahu vyšla 1,76.

Řídítka byla navržena tak, aby se do sebe mohly zasouvat. Kontrola řídítek na ohyb byla provedena ve dvou fázích. První fáze je výpočet při zasunutých řídítkách do sebe a druhá při roztažených řídítkách na maximum. Ve druhé fázi bylo zjištěno dvakrát větší ohybové napětí, z důvodu dvojnásobné vzdálenosti síly k ose řídítek. Bezpečnost při ohybovém namáhání ve druhé fázi je 3,75.

V poslední části byl kontrolován svar držáku šlapacího ústrojí. Z důvodu působení kolmého a zároveň tečného napětí, bylo vypočteno napětí výsledné τ_{vysl} . Po úpravě meze kluzu korekčním faktorem, byla zjištěna výsledná bezpečnost ve svaru $K_s=7,85$.

Celková hmotnost zařízení je 145,9 kg a maximální rozměry dosahují 1162 x 740 x 2155 mm. Cíl diplomové práce byl splněn a komponenty byly dimenzovány na úroveň bezpečnosti. Toto zařízení by se v budoucnu mohlo vyrábět.

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Havlíkovi, Ph. D. za odborné vedení a konzultace během studia.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Jízdní kolo. [online]. [cit. 2015-01-18]. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/J%C3%ADzdn%C3%AD_kolo>
- [2] Cyklistika. [online]. [cit. 2015-01-18]. Dostupné z:
<<http://www.ntm.cz/muzeum/sbirkova-oddeleni/historie-dopravy/cyklistika>>
- [3] Vélocipède à corps cintré. [online]. [cit. 2015-01-18]. Dostupné z:
< <http://www.musee-art-industrie.saint-etienne.fr/decouvrir/musee/parcours-de-visites/parcours-cycles/velocipede-a-corps-cintre>>
- [4] Jízdní kolo Victoria. [online]. [cit. 2015-01-18]. Dostupné z:
<<http://muzeumdc.cz/zajimavosti/12/12>>
- [5] How did we get here?. [online]. [cit. 2015-01-18]. Dostupné z:
<<https://billboyheritagesurvey.wordpress.com/2012/03/07/the-aerial-view-how-did-we-get-here/>>
- [6] ONDRÁČEK, Jan a kolektiv. [online]. [cit. 2015-01-18]. Dostupné z:
<<http://is.muni.cz/elportal/estud/fsps/js07/turistika/index.html>>
- [7] MTB odpružené vidlice na kolo [online]. [cit. 2015-01-18]. Dostupné z:
<<http://mtb-odpruzene-vidlice-na-kolo.eod.cz/vidlice-sr-suntour-26-xcm-a-h-1-18-cerna-disc-80mm>>
- [8] Favorit 28 Cross [online]. [cit. 2015-01-18]. Dostupné z:
<http://www.kolazwebu.cz/domain/kolazwebu/files/favorit/cross-a-treking/Favorit_28_Cross_SX_ALU_men.jpg>
- [9] STRNAD, Jiří. Nastavení cyklistického posedu. [online]. [cit. 2015-01-18]. Dostupné z:
<http://www.sunbike.cz/dokumenty/Nastaveni_cyklistickeho_posedu_eBook.pdf>
- [10] Tabulky velikostí rámu. [online]. [cit. 2015-01-18]. Dostupné z:
<<http://www.bike-eshop.cz/tabulky-velikosti-ramu>>

- [11] Nastavení posedu na horském kole [online]. [cit. 2015-01-18]. Dostupné z: <<http://mtbs.cz/clanek/serial-nastaveni-posedu-na-horskem-kole/kategorie/trenink-a-fitness>>
- [12] BURKE, Ed. *High-Tech Cycling 2*. 2003. ISBN 0-7360-4507-4.
- [13] HENKE, Svatopluk. *Skripta pro trenéry cyklistiky*. RK Tisk Jičín.
- [14] KONOPKA, Peter. *Cyklistika*. 2007. ISBN 978-80-254-0258-0.
- [15] KUCHLER, Karel. *Není posed jako posed*. 2008. ISBN 1213-113009.
- [16] LANDA, Pavel. *Cyklistika – trénink a jeho plánování*. 2005. ISBN 80-247-0725-0.
- [17] LANDA, Pavel, LIŠKOVÁ, Jitka. *Rekreační cyklistika*. 2004. ISBN 80-247-0726-8.
- [18] Trenažér ELITE Turbo Muin [online]. [cit. 2015-01-18]. Dostupné z: <<http://www.finebike.cz/cyklistika/prislusenstvi/trenazery-a-valce/trenazer-elite-turbo-muin-p90-13873.htm>>
- [19] QUARQ Power meters [online]. [cit. 2015-01-18]. Dostupné z: <<https://www.quarq.com/store/item/1725/>>
- [20] Habernkorn Ulmer. *Item Stavebnicový systém MB*. 2010. Dostupné z: <www.habernkorn.cz>
- [21] Servomotory ESTUN [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <<http://www.raveo.cz/servomotory-estun-emj>>
- [22] Leinveber J., Vávra P., *Strojnické tabulky*. 2006, ISBN 80-7361-033-7.
- [23] KALÁB, Květoslav. Návrh a výpočet dynamicky namáhaného šroubu. [online]. [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <<http://www.347.vsb.cz/files/kal01/prirucka-dynamickysroub.pdf>>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Výkres sestavy zařízení	DP-01.00	A0
Příloha B – Svařenec držáku šlapátek	DP-01.01	A3